

**PRARANCANGAN PABRIK AKRILAMIDA
DARI AKRILONITRIL MELALUI PROSES HIDROLISIS
KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan
Teknik Kimia Fakultas Teknik**

**Oleh :
WASPRAD YOGA BASUNTORO
D 500 110 024**

**PROGRAM STUDI JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2018

HALAMAN PERSETUJUAN

**PRARANCANGAN PABRIK AKRILAMIDA
DARI AKRILONITRIL MELALUI PROSES HIDROLISIS
KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh :

WASPRAD YOGA BASUNTORO
D 500 110 024

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen pembimbing



Eni Budiyati, S.T., M.Eng.
NIK.991

HALAMAN PENGESAHAN

**PRARANCANGAN PABRIK ASAM AKRILAMIDA
DARI AKRILONITRIL MELALUI PROSES HIDROLISIS
KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

Oleh :

WASPRAD YOGA BASUNTORO
D 500 110 024

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Rabu, 29 Maret 2017
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji :

1. Rois Fatoni, S.T., M.Sc., Ph.D.
(Ketua Dewan Penguji)
2. Ir. Nur Hidayati, M.T., Ph.D.
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Eni Budiyati, S.T., M.Eng.
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

(.....)

(.....)

Dekan Fakultas Teknik,



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.
NIK. 682

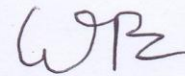
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidak benaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, November 2017

Penulis



Wasprad Yoga Basuntoro
D 500 110 024

PRARANCANGAN PABRIK AKRILAMIDA DARI AKRILONITRIL MELALUI PROSES HIDROLISIS KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

Abstrak

Akrilamida merupakan bahan baku yang digunakan dalam pembuatan polimer, dan banyak digunakan sebagai bahan untuk menjernihkan air. Pabrik akrilamida dari akrilonitril didirikan karena kebutuhan akan bahan tersebut semakin meningkat dari tahun ke tahun. Pabrik akrilamida dirancang untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan tidak menutup kemungkinan untuk diekspor. Pabrik akrilamida ini dirancang dengan kapasitas 20.000 ton/tahun yang beroperasi selama 330 hari per tahun. Proses pembuatan akrilamida ini menggunakan proses hidrolisis fase cair dengan komposisi 13% berat akrilonitril. Reaksi bersifat eksotermis, *irreversible* dan dijalankan dalam reaktor *Fixed Bed* fase cair – cair, serta kondisi operasi *non-isothermal* (70°C) tekanan 1 atm. Pabrik tersebut termasuk pabrik dengan resiko rendah karena berlangsung pada kondisi atmosferis.

Pabrik Akrilamida dengan kapasitas 20.000 ton/tahun membutuhkan bahan baku akrilonitril sebanyak 942,9399 kg/jam, air sebanyak 1582,3029 kg/jam dan katalis *raney copper*. Utilitas pendukung proses meliputi penyediaan air sebesar 55.797,4424 kg/jam yang diperoleh dari air waduk krenceng, penyediaan *saturated steam* sebesar 2.132,6436 kg/jam yang diperoleh dari boiler dengan bahan bakar *fuel oil* sebesar 65.8588 liter/jam, kebutuhan udara tekan sebesar 50 m³ per jam, kebutuhan listrik diperoleh dari PLN dan dua generator sebesar 500 kW sebagai cadangan, bahan bakar sebanyak 65,8451 liter/jam. Pabrik ini direncanakan akan didirikan di kawasan industri Cilegon, Banten dengan luas tanah 18,500m² dan jumlah karyawan 121 orang.

Dari analisis ekonomi, pabrik akrilamida ini diperoleh hasil *Percent Return On Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 41,06% dan setelah pajak sebesar 28,74%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak sebesar 2,34 tahun sedangkan setelah pajak sebesar 3,29 tahun. *Break Even Point* (BEP) sebesar 47,67% kapasitas, dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 29,03% kapasitas. *Discounted Cash Flow* (DCF) sebesar 49,5%. Berdasarkan data – data di atas maka pabrik akrilamida dari akrilonitril melalui proses hidrolisis ini cukup layak dan menguntungkan untuk didirikan.

Kata kunci : akrilamida, hidrolisis, *fixed bed*

Abstract

Acrylamide is a raw material used in the manufacture of polymers, and is widely used as a material to purify water. Acrylamide plant from acrylonitrile was established because the need for the material is increasing from year to year. Acrylamide plant is designed to meet domestic needs and does not close the possibility to be exported. The acrylamide plant is designed with a capacity of 20,000 tons / year which operates for 330 days per year. The process of preparing this acrylamide uses a liquid phase hydrolysis process with a composition of 13% by weight of acrylonitrile. The reaction is exothermic, irreversible and run in a liquid-liquid phase liquid Fixed Bed reactor, as well as a non-isothermal operating condition (70°C) of 1 atm pressure. The plant includes a low-risk plant because it takes place in atmospheric conditions.

Acrylamide plant with capacity of 20.000 ton / year requires acrylonitrile raw material 942,9399 kg / hour, water 1582,3029 kg / hour and raney copper catalyst. The process support utility includes water supply of 55.797,4424 kg / hr obtained from krenceng

reservoir water, saturated steam supply of 2,132.6436 kg / hr obtained from boiler with fuel oil fuel of 65.8588 liter / hour, compressed air requirement of 50 M3 per hour, electricity demand is obtained from PLN and two generators of 500 kW as reserve, fuel as much as 65.8451 liter / hour. This plant is planned to be established in the industrial area of Cilegon, Banten with a land area of 18,500 m² and the number of employees 101 people.

From the economic analysis, this acrylamide factory obtained result of Return On Investment (ROI) before tax equal to 41,06% and after tax equal to 28,74%. Pay Out Time (POT) before tax of 2.34 years while after tax of 3.29 years. Break Even Point (BEP) of 47.67% capacity, and Shut Down Point (SDP) of 29.03% capacity. Discounted Cash Flow (DCF) of 49.5%. Based on the above data, the acrylamide plant from acrylonitrile through hydrolysis process is quite feasible and profitable to be established.

Keywords: acrylamide, hydrolysis, fixed bed

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi disertai dengan kemajuan sektor industri menuntut semua negara ke arah industrialisasi. Sebagai negara yang sedang berkembang, Pembangunan industri di Indonesia terus mengalami peningkatan terutama pembangunan industri kimia. Namun Indonesia belum seluruhnya dapat menghasilkan produk kimia sendiri dalam memenuhi kebutuhan sektor industri kimia. Salah satu contoh adalah akrilamida yang berfungsi penting sebagai bahan baku maupun bahan penunjang proses industri. Ketergantungan impor yang lebih besar dari ekspor menyebabkan devisa negara berkurang, sehingga perlu usaha penanggulangan. Salah satu caranya dengan pendirian pabrik akrilamida untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, namun juga berorientasi ekspor.

Akrilamida (atau amida akrilat) adalah senyawa organik sederhana dengan rumus kimia C_3H_5ON dan nama IUPAC-nya adalah 2-propenamida yang merupakan salah satu bahan dasar berbagai jenis industri diantaranya *polyacrylamide* yang digunakan sebagai flokulan proses pemisahan padatan halus tersuspensi, selain itu juga dapat digunakan sebagai *thickening agent* bagi air dan sebagai bahan pembantu penyerapan zat warna pada proses pembuatan kertas.

1.2 Penentuan Kapasitas Perancangan Pabrik

Dalam pemilihan kapasitas perancangan pabrik akrilamida ada beberapa pertimbangan, yaitu prediksi kebutuhan akrilamida di Indonesia, ketersediaan bahan baku, dan kapasitas pabrik yang sudah digunakan. Pabrik akrilamida dari akrilonitril direncanakan akan didirikan dengan kapasitas 20.000 ton/tahun, dengan pertimbangan sebagai berikut :

- 1). Kebutuhan akrilamida di Indonesia yang setiap tahunnya mengalami kenaikan. Hal ini bisa menjadi peluang untuk mendirikan pabrik asam oksalat di Indonesia.

Tabel 1 Data Impor Akrilamida

Tahun	Jumlah (kg)
2009	2.786.230
2010	3.084.470
2011	3.362.811
2012	3.843.869
2013	3.673.250

BPS (2009–2013)

- 2) Berdasarkan kapasitas pabrik yang sudah berdiri dan jumlah permintaan asam oksalat di dunia dapat dilihat pada tabel 1.2

Tabel 2 Kapasitas Produksi Industri Akrilamida yang Ada

Company	Lokasi	Kapasitas(ton/tahun)
Kemira Water Solution	Amerika	41.000
Mitsui	Jepang	10.000
Nalco	Amerika	20.000
Nanjing Lanya Chemical	China	36.000

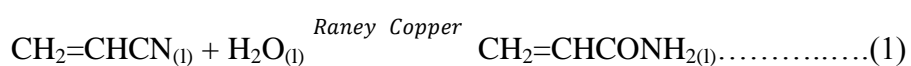
(BASF,2009)

- 3) Ketersediaan bahan baku utama akrilamida yaitu akrilonitril yang mana kebutuhan molasses dipenuhi oleh Tong Suh Petrochemical Corp.

2. METODOLOGI

2.1 Dasar reaksi

Reaksi hidrolisis dengan akrilonitril sebagai berikut:



Reaksi berlangsung dalam reaktor *Fixed Bed* pada suhu 75°C dan tekanan atmosferis dengan komposisi umpan 15% berat akrilonitril. Reaksi bersifat *irreversible*, eksotermis, dan nonisothermal. Dalam proses ini dibantu dengan katalis *Raney copper*.

2.1.1 Tinjauan Termodinamika

Tabel 3 Data ΔG dan ΔH masing – masing komponen pada suhu 298K

Komponen	$\Delta G(\text{J/mol})$	$\Delta H_f(\text{J/mol})$
$\text{C}_3\text{H}_3\text{N}$	195.310	184.930
H_2O	-228.600	-241.800
$\text{C}_3\text{H}_3\text{ON}$	-97900	-170.000

(Yaws, 1991)

$$\begin{aligned}
 \Delta H_r^\circ &= \sum \Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}} \\
 &= (\Delta H_f^\circ \text{Akrilamida}) - (\Delta H_f^\circ \text{Akrilonitril} + \Delta H_f^\circ \text{Air}) \\
 &= (-170.000) - (184.930 + (-241.800)) \\
 &= -113.130 \text{ J/mol}
 \end{aligned}$$

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa harga entalphi pembentukan negatif, maka reaksi tersebut bersifat eksotermis.

2.1.2 Langkah-langkah Proses

2.1.2.1 Tahap Penyiapan Bahan Baku

Tujuan dari penyiapan bahan baku adalah untuk mengkondisikan bahan baku sehingga dicapai kondisi operasi reaktor. Akrilonitril dengan kemurnian >99,9% berat dari tangki penyimpanan bahan baku pada 1 atm dan 30°C dipompa dengan pompa menuju *mixer*. *Mixer* ini juga menerima arus *recycle* (akrilonitril dan air) dari menara distilasi. Komposisi umpan masuk reaktor adalah 13% berat akrilonitril. Dari *mixer* diperoleh campuran akrilonitril dan air yang kemudian menuju reaktor.

2.1.2.2 Tahap Reaksi di dalam Reaktor

Reaktor pembentukan akrilamida ini merupakan reaktor *fixed bed*. Reaktor bekerja secara adiabatik non isothermal dengan suhu reaktor 75°C dan tekanan 3,03 bar, agar reaksi tetap berjalan pada fase cair. Di dalam reaktor terjadi proses hidrolisis akrilonitril menjadi akrilamida dengan adanya katalis *raney copper* dalam reaktor. Produk reaktor terdiri atas akrilamida, sisa akrilonitril dan air.

2.1.2.3 Tahap Pemurnian Hasil

Tujuan pemurnian adalah mendapatkan produk akrilamida yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Produk yang keluar reaktor di umpankan ke menara distilasi (D-120) untuk mendapatkan produk akhir akrilamida 50%. Hasil atas menara distilasi (D-120) berupa akrilonitril dan air yang kemudian di *recycle* sebagai umpan masuk ke

mixer (M-100). Sedangkan hasil bawah menara distilasi (D-120) dialirkan dan diturunkan suhunya menggunakan *cooler* menuju tangki penyimpanan akrilamida sebagai produk utama.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 ALAT

3.1.1. Spesifikasi Mixer

Kode alat	: M-100
Fungsi	: Untuk mencampur akrilonitril dengan air hingga homogen
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel 283 grade C</i>
Kondisi Operasi	: $T = 46,51^{\circ}\text{C}$, $P = 1 \text{ atm}$
Dimensi Tangki	:
Volume mixer	: $1,333 \text{ m}^3$
Diameter <i>shell</i>	: 1,091 m
Tinggi total mixer	: 1,545 m
Spesifikasi pengaduk	:
Jenis	: Turbin dengan 6 blade disk
Kecepatan	: 174,633 rpm
Diameter	: 0,364 m
Tinggi	: 0,073 m
<i>Power</i> motor	: 2 hp
Lebar pengaduk	: 0,091 m

3.1.2. Spesifikasi Reaktor

Spesifikasi alat

Kode alat	: R-110
Fungsi	: Untuk mereaksikan akrilonitril dan air dengan bantuan katalis raney copper

Jenis Reaktor : *Single Bed Catalytic Reactor*

Bahan konstruksi : *carbon steel 283 grade C*

Kondisi Operasi : $T = 75^{\circ}\text{C}$, $P = 1 \text{ atm}$

Dimensi tangki

Volume : $58,96935 \text{ m}^3$

Tinggi total : 8,936 m

Katalis

Bahan	: Raney Copper
Bentuk	: Granular
ρ_{bulk}	: 1,200 kg/m ³

3.1.4. Spesifikasi Menara Distilasi

Spesifikasi alat

Kode alat	: D-120
Fungsi	: Memisahkan produk akrilamida dari impuritasnya sampai kemurnian 50%
Jenis	: <i>Plate Sieve Tray</i>
Bahan konstruksi	: <i>Stainless steel SA-304</i>
<u>Kondisi Operasi</u>	:
- Umpan	: P = 1 atm T = 104,17°C
- Top	: P = 1 atm T = 99,69°C
- Bottom	: P = 1 atm T = 106.30°C
Tinggi total menara	: 23,9484 m
Jumlah <i>plate</i> aktual	: 54 <i>plate</i>
Diameter atas	: 0,4447 m
Diameter bawah	: 0,9655 m
Tebal <i>shell</i>	: 0,1875 in
Tinggi <i>head</i>	: 0,2487 m
<i>Tray spacing</i>	: 0,45 m

3.2 UTILITAS

Unit pendukung proses atau biasa disebut dengan unit utilitas merupakan bagian penting yang menunjang kelancaran proses produksi. Dalam perancangan pabrik Asam Oksalat Dihidrat ini, sumber air yang digunakan berasal dari air sungai. Dalam pabrik asam oksalat ini, utilitas yang dibutuhkan antara lain :

- ❖ Unit penyediaan air = 10.730,8401 kg/jam
- ❖ Unit penyediaan *steam* = 355,4406 kg/jam
- ❖ Unit penyediaan listrik = 500 kW
- ❖ Unit penyediaan bahan bakar = 65,8588 liter/jam

❖ Unit penyediaan udara tekan = 50 m³/jam

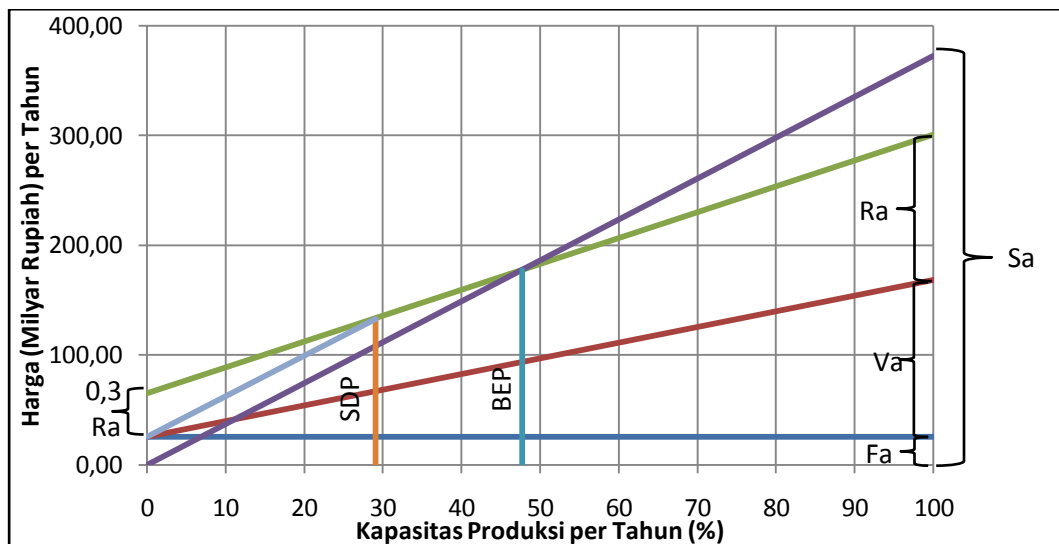
3.3 MANAJEMEN PERUSAHAAN

Pabrik asam oksalat dihidrat dari molasses atau tetes tebu dengan molasses yang direncanakan didirikan berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan lokasi perusahaan di Cilegon, Banten dengan jumlah karyawan 121 orang yang terbagi atas karyawan *non-shift* dan karyawan *shift*.

3.4 ANALISA EKONOMI

Untuk mendapatkan perkiraan tentang kelayakan investasi, besarnya keuntungan, lamanya modal investasi akan kembali dan titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan (tidak rugi tidak untung) maka diperoleh analisa ekonomi. Selain itu, hal tersebut juga dimaksudkan untuk mengetahui pabrik tersebut layak didirikan atau tidak.

Dari analisa ekonomi yang dilakukan terhadap pabrik ini dengan modal tetap Rp 169.989.781.211,23 dan modal kerja Rp 29.211.762.764,74 diperoleh *Return of Investment* (ROI) sebelum pajak yaitu 41,06% dan setelah pajak adalah 28,74%. Sedangkan *Pay Out Time* (POT) sebelum dan sesudah pajak yaitu 2,34 tahun dan 3,29 tahun. *Break Event Point* dan *Shut Down Point* sebesar 47,67% dan 29,03%. Untuk *Discount Cash Flow* (DCF) terhitung sebesar 49,5 %



Gambar 1. Grafik Analisis Kelayakan Ekonomi Pabrik Akrilamida dari Akrilonitril

4. PENUTUPAN

4.1 Kesimpulan

Pabrik Akrilamida digolongkan pabrik beresiko rendah. Karena beroperasi pada tekanan atmosferik. Hasil kelayakan ekonomi ditunjukkan dalam tabel berikut ini :

Tabel 4 Analisa Kelayakan Ekonomi

Keterangan	Perhitungan	Batasan
1. <i>Persen Return on Investment</i>		
ROI sebelum pajak	41,06 %	Minimal 11%
ROI sesudah pajak	28,74 %	
2. <i>Pay Out Time</i>		
POT sebelum pajak	2,34 tahun	Maksimal 5 tahun
POT sesudah pajak	3,29 tahun	
3. <i>Break Even Point</i>	47,67 %	40-60%
4. <i>Shut Down Point</i>	29,03 %	20-30%
5. <i>Discounted Cash Flow</i>	49,5 %	

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa pabrik akrilamida memenuhi batasan, sehingga pabrik tersebut layak untuk didirikan pada tahun 2020.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S. dan Newton, R.D.. 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. Mc.Graw Hill Book Company Inc. New York.
- Badan Pusat Statistik. 2014. *Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia*. [http: www.bps.go.id](http://www.bps.go.id), diakses Selasa, 17 Juni 2014, pukul 18:13 WIB.
- BASF. 2009. *Copper Catalyst Product Data Sheet*. BASF-The Chemical Company. India.
- Brownell, L.E. and Young, E.H.. 1979. *Process Equipment Design*. Wiley Eastern Limited. New Delhi.
- Cepci. 2015. http://goliath.ecnext.com/coms2/gi_0199-8021863/Chemical-Engineering-Plant-Cost-Index.html. Diakses Rabu, 24 Januari 2016, pukul 12:58 WIB.
- Coulson, J. M. and Richardson, J. F.. 1983, *Chemical Engineering, 1st edition, Volume 6*. Pergason Press. Oxford.
- Hernandez Oscar, *SIDS Initial Assessment Report*. <http://www.oecd.org>. Diakses 4 Januari 2015, pukul 15.38 WIB.
- Houston Brown, G.G.. 1978. *Unit Operations*. John Wiley and sons, Inc. New York.
- Indonesia Salary Guide. 2016. <http://www.kellyservices.co.id>. Diakses Rabu, 6 Januari 2016, pukul 18.37
- Kern, D.Q.. 1950. *Process Heat Transfer*. Mc. Graw-Hill International Book Company Inc. New York.
- Kirk, R.E. dan Othmer, D.F.. 1992. *Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd edition, vol. 12*. Interscience Publishing Inc. New York.

- Matches. 2014. <http://www.matche.com/EquipCost.html> Diakses Rabu, 6 Januari 2016, pukul 15.38
- McCabe, W.L. 1976. *Unit Operation of Chemical Engineering*, 3rd edition. McGraw Hill Book Company, Inc. Tokyo.
- Perry's, R.H. dan Green, D. 1999. *Perry's Chemical Engineer's Hand Book*, 7th edition. McGraw Hill Book Company Inc. New York.
- Peters dan Timmerhaus. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 4th edition. McGraw-Hill International Edition Chemical and Petroleum Engineering Series. New York.
- Rase, H. F. dan Holmes, J. R. 1997. *Chemical Reactor Design for Process Plant*. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Smith, J. M. dan Van Ness, H. C. 1987. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamic*, 3rd edition. McGraw-Hill Kogakusha Ltd. Tokyo.
- Svarz dll. 1975, *Patent No. 3.920.740*. United States.
- Sukandar, D. 2011. *Perseroan Terbatas*. <http://legalakses.com>. Diakses Selasa, 6 Oktober 2015, pukul 15:24 WIB.
- Ulrich, G.D.. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley and Sons, inc. New York.
- Yaws, Carl L. 1979. *Thermodynamic and Physical Properties Data*. McGraw Hill Book Co. Singapore.